

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

**Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2001/2002**

September 2001

ESA 336 – Sistem Kawalan Penerbangan

Masa : [3 Jam]

ARAHAN KEPADA CALON :

1. Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **DUA PULUH SATU (21)** mukasurat bercetak dan **SEPULUH (10)** soalan.
2. **Bahagian A** mengandungi 6 soalan (soalan 1 - soalan 6). Jawab **4 SOALAN** sahaja. **Bahagian B** mengandungi 4 soalan (soalan 7 - soalan 10). Jawab **SEMUA** soalan .
3. Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sut sebelah kanan.
4. Anda dibenarkan menjawab soalan dalam Bahasa Inggeris dan sekurang-kurangnya satu soalan mestilah dijawab dalam Bahasa Melayu.
5. Mesin kira bukan yang boleh diprogram boleh digunakan.
6. Tidak dibenarkan membawa keluar kertas soalan daripada dewan peperiksaan.

BAHAGIAN A
SECTION A

1. Jawab hanya **SATU** dari soalan-soalan berikut
Answer **ONE** of following questions

- (a) Terangkan komposisi dan fungsi sebuah pengawal ketinggian satelit. Juga nyatakan jenis sistem pengawal ketinggian satelit dan penggunaan kawasan pilihan yang sesuai.

Describe composition and functions of satellite attitude control, types of the attitude control systems and their preferential application areas.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Terbitkan sebutan vektor momen untuk daya graviti yang bertindak ke atas sebuah satelit.

Derive expressions of the moment vector of gravitation forces acting on a satellite.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Terangkan kedudukan keseimbangan relatif untuk pergerakan sudut sebuah satelit di bawah pengaruh tork gravity dan berikan syarat-syarat kestabilannya.

Describe the relative equilibrium positions of the satellite angular motion under gravitation torque and provide conditions of their stability.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Bincangkan ciri-ciri pergerakan sudut satelit di bawah pengaruh tork graviti.

Discuss properties of satellite angular motion under gravitational torque.

(20 markah/marks)

...3/

ATAU/OR

- (e) Bincangkan momen aerodinamik yang bertindak pada satelit semasa di orbit dan penggunaannya untuk sistem pengawal ketinggian satelit.

Discuss aerodynamic moments acting on a satellite in the orbital flight and their use for the satellite passive attitude control.

(20 markah/marks)

2. Jawab hanya SATU dari soal-soal berikut
Answer ONE of following questions

- (a) Bincangkan pemilihan sistem koordinat dan parameter ketinggian satelit untuk kegunaan pengawal ketinggian satelit.

Discuss selection of the coordinate systems and satellite attitude parameters to be used for the satellite attitude control.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Bincangkan redaman "libration" satelit menggunakan sistem pengawal ketinggian satelit dengan penstabil graviti pasif.

Discuss the satellite libration damping by the attitude control system with passive gravitation stabilization.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Terangkan kedudukan keseimbangan pada pergerakan sudut sebuah satelit yang dipengaruhi oleh tork aerodinamik dan berikan syarat-syarat kestabilannya.

Describe equilibrium positions of the satellite angular motion under aerodynamic torque and provide conditions of their stability.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Bincangkan tork yang dihasilkan oleh sinaran yang bertindak pada satelit Bumi, dan penggunaannya untuk sistem pengawal ketinggian satelit pasif.

Discuss torque caused by radiation acting on the Earth satellites and their use for the satellite passive attitude control.

(20 markah/marks)

- 5 -

ATAU/OR

- (e) Terangkan prinsip-prinsip dan berikan contoh-contoh Rekabentuk Sistem Kawalan Penerbangan Automatik.

Describe principles and provide examples of the Automatic Flight Control Systems Design.

(20 markah/marks)

3. Jawab hanya SATU dari soalan-soalan berikut
Answer ONE of following questions

- (a) Terangkan kedudukan keseimbangan pada pergerakan sudut sebuah satelit yang dipengaruhi oleh tork sinaran dan bincangkan penggunaannya untuk sistem pengawal ketinggian satelit pasif.

Describe equilibrium positions of the satellite angular motion under radiation torque and discuss its use for the satellite passive attitude control.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Bincangkan tork akibat medan magnet Bumi yang bertindak pada satelit semasa orbit dan penggunaannya untuk sistem pengawal ketinggian satelit.

Discuss torque caused by Earth's magnetic field acting on a satellite in the orbital flight and their use for the satellite attitude control.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Bincangkan sistem pengawal ketinggian yang menggunakan jet tujahan orientasi. Bagaimana kedudukan jet tujahan ini pada satelit dipertimbangkan.

Discuss active attitude control systems using the orientation jet thrusters. Provide consideration for location of these thrusters on the satellite.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Bincangkan persamaan pergerakan sebuah satelit yang mempunyai redaman mekanikal dan langkah-langkah terbitnya.

Discuss the motion equations for a satellite with included mechanical damper and steps of their derivation.

(20 markah/marks)

...7/

ATAU/OR

- (e) Nyatakan kaedah am menganalisa sistem kawalan penerbangan automatik dengan menggunakan sistem kawalan sudut pic sebagai contoh.

Describe general method of analysis of the automatic flight control systems using the system to control pitch angle of an aircraft as an example.

(20 markah/marks)

4. Jawab hanya SATU dari soalan-soalan berikut
Answer ONE of following questions

- (a) Nyatakan hukum pengawalan am untuk sistem pengawal ketinggian magnet aktif dan prinsip-prinsip fungsi asasnya.

Describe general control law of active magnetic attitude control system and basic principle of its functioning.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Bincangkan persamaan pergerakan sudut satelit, dan hubungkan andaian-andaian untuk mempermudah analisa orientasi aktif satelit.

Discuss the satellite equations of angular motion and related assumptions for simplified analysis of the satellite active orientation.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Bincangkan penggunaan tujuh beragam oleh penujah orientasi dengan tujahan yang searas.

Discuss implementation of the variable thrust by the orientation thrusters with constant level of thrusting.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Berikan analisa ayunan ketinggian sebuah satelit yang mempunyai redaman untuk pergerakan bebas tork. Bincangkan pemilihan parameter redaman.

Provide analysis of attitude oscillation of the satellite with damper in torque-free motion. Discuss selection of the damper parameters.

(20 markah/marks)

...9/

ATAU/OR

- (e) Bincangkan fungsi dan kelebihan sistem kawalan penerbangan automatik.

Discuss functions and advantages of the automatic flight control system.

(20 markah/marks)

5. Jawab hanya SATU dari soalan-soalan berikut
Answer ONE of following questions

- (a) Bincangkan mod henti ketinggian ASC dan beri penilaian penggunaan bahan dorongan satelit yang berkaitan.

Describe the ASC attitude-hold mode and evaluate the related satellite propellant expenditure.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Terangkan pengawal logik ASC dan pergerakan satelit yang berkaitan ketika fasa peralihan orientasi awal sebuah satelit.

Describe the ACS control logic and related satellite motion on the initial (transitional) phases of the satellite orientation.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Bincangkan mod henti ketinggian ASC untuk satelit dengan penjuah orientasi yang stabil statik dan yang tidak stabil serta bandingkan penggunaan bahan dorongan yang berkaitan.

Describe the ACS attitude-hold mode for the statically stable and unstable with the orientation thrusters and compare the related propellant expenditure.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Bincangkan persamaan pergerakan sebuah satelit yang disertakan jisim berputar dan langkah-langkah penerbitannya.

Discuss the motion equations for a satellite with attached rotating masses and steps of their derivation.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (e) Nyatakan perbezaan di antara dinamik kenderaan penerbangan dan isu-isu kawalan yang mempengaruhi rekabentuk pesawat terbang dan satelit. Berikan fungsi-fungsi utama sistem kawalan penerbangan dan satu contoh sistem kawalan mudah maklumbalas yang digunakan dalam pesawat penerbangan.

Describe how differently the flying vehicle dynamics and control issues influence the aircraft and satellite designs. Present principles of functioning of the aircraft flight Control Systems and an examples of the simple feedback Control System used in aircraft.

(20 markah/marks)

6. Jawab hanya SATU dari soal-soal berikut
Answer ONE of following questions

- (a) Bincangkan kawalan pemejaman dan nyah-pejam sebuah satelit dengan penunjuk orientasi dan bentangkan penggunaan bahan dorong yang berkaitan.

Discuss the satellite spin/de-spin control with the orientation thrusters and present the related propellant expenditure.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Terangkan pengawal ketinggian satelit yang diganggu oleh tork yang malar. Bincangkan penggunaan bahan dorong yang berkaitan dan bandingkan ia dengan pengawal henti ketinggian tanpa gangguan.

Describe the satellite attitude control under (constant) disturbance torque. Discuss relevant propellant expenditure and compare it with the one for attitude-hold without disturbances.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Bincangkan orientasi ketinggian satelit dan kestabilan dengan peralatan penukaran momen.

Describe the satellite attitude orientation and stabilization with the moment exchange devices.

(20 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Bincangkan dan analisa nyah-beban pada alat penukar momen untuk pengawal ketinggian satelit.

Discuss and analyze unloading of the moment exchange devices for the satellite attitude control.

(20 markah/marks)

- 13 -

ATAU/OR

- (e) Terangkan perbezaan di antara dinamik kenderaan terbang dan isu-isu kawalan yang mempengaruhi rekabentuk pesawat terbang dan satelit. Berikan fungsi-fungsi utama sistem kawalan penerbangan dan satu contoh sistem kawalan mudah maklumbalas yang digunakan dalam pesawat penerbangan.

Describe how differently the flying vehicle dynamics and control issues influence the aircraft and satellite designs. Present principles of functioning of the aircraft flight control systems and an example of the simple feedback control system used in aircraft.

(20 markah/marks)

BAHAGIAN B
SECTION B

7. Jawab hanya **SATU** dari soalan-soalan berikut
Answer **ONE** of following questions

- (a) Kirakan nilai maksimum tork graviti yang bertindak pada sebuah satelit dalam kedudukan orbit bulat ketinggian 700km. Momen prinsipal inertia adalah

$$I_z = 14\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, I_x = I_y = 40\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Find maximum value of the gravitational torque acting in the satellite on the circular orbit of 700 km altitude. The satellite principal inertia moments are.

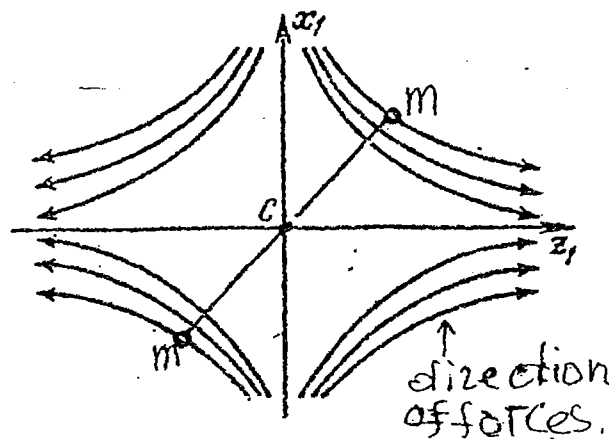
$$I_z = 14\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, I_x = I_y = 40\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Kirakan kedudukan keseimbangan sebuah satelit yang mempunyai dua jirim berjisim m yang dihubungi oleh sebuah palang, apabila garisan daya graviti yang bertindak pada satelit seperti mana yang ditunjukkan di bawah. Kedudukan keseimbangan yang bagaimanakah yang stabil?

Find equilibrium positions for the satellite consisting of two weights of mass m each connected by a rod, when the lines of gravitational forces acting on the satellite masses are shown on the figure below. Which of these equilibrium positions is stable?



(5 markah/marks)

- 15 -

ATAU/OR

- (c) Dengan menggunakan persamaan

$$d\Delta\beta/dt = a_{41}\Delta\beta + a_{43}\Delta r$$

$$d\Delta r/dt = a_{61}\Delta\beta + a_{63}\Delta r + b_{62}\Delta\delta r$$
 sebagai anggaran mod gulingan dutch, kirakan kadar pemalar yang diperlukan untuk redaman mereng pada pesawat untuk memberikan 0.7 pemalar redaman pada mod gulingan. Kestabilan dan kawalan derivatif tanpa dimensi adalah
 $a_{41} = -0.1, a_{43} = -1, a_{61} = 1.3, a_{63} = -0.25, b_{62} = -1$

Using equations

$$d\Delta\beta/dt = a_{41}\Delta\beta + a_{43}\Delta r$$

$$d\Delta r/dt = a_{61}\Delta\beta + a_{63}\Delta r + b_{62}\Delta\delta r$$

as an approximation for the dutch roll mode, find the proportional constant required for a yaw damper fitted to an aircraft to provide for 0.7 damping constant in this roll mode. The dimensionless lateral aerodynamic stability and control derivatives are

$$a_{41} = -0.1, a_{43} = -1, a_{61} = 1.3, a_{63} = -0.25, b_{62} = -1$$

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Apakah ciri-ciri mod gulingan dutch dapat diperbaiki jika saluran mod autopilot memberi $\Delta\delta_r = K_r \Delta r$ dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut

$$d\Delta\beta/dt = a_{41}\Delta\beta + a_{43}\Delta r$$

$$d\Delta r/dt = a_{61}\Delta\beta + a_{63}\Delta r + b_{62}\Delta\delta r$$
 sebagai anggaran untuk mod gulingan dutch. Kestabilan dan kawalan derivatif tanpa dimensi adalah $a_{41} = -0.1, a_{43} = -2, a_{61} = -0.25, a_{63} = -0.25, b_{62} = -1$

What characteristics of the dutch roll mode will be improved if this mode autopilot channel provides for $\Delta\delta_r = K_r \Delta r$. Used equations

$$d\Delta\beta/dt = a_{41}\Delta\beta + a_{43}\Delta r$$

$$d\Delta r/dt = a_{61}\Delta\beta + a_{63}\Delta r + b_{62}\Delta\delta r$$

as an approximation to the dutch roll mode. The dimensionless lateral aerodynamic stability and control derivatives are $a_{41} = -0.1, a_{43} = -2, a_{61} = -0.25, a_{63} = -0.25, b_{62} = -1$

(5 markah/marks)

...16/

8. Jawab hanya SATU dari soalan-soalan berikut
Answer ONE of following questions

- (a) Kirakan masa 'libration' satelit pada orbit bulat ketinggian 700km. Momen prinsipal inertia adalah $I_z = 14\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, $I_x = I_y = 40\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Find the period of satellite librations on the circular orbit of 700km altitude. The satellite principal inertia moments are

$$I_z = 14\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}, I_x = I_y = 40\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Kirakan seretan aerodinamik dan tork maksimum aerodinamik yang bertindak pada satelit bulat berdiameter 1m yang mengelilingi Bumi pada ketinggian 700km, $\rho = (2/3)10^{-17}\text{g/cm}^3$. Pusat jisim satelit dialih secara relatif 10cm dari kedudukan pusat geometrik satelit.

Find the aerodynamic drag and maximum aerodynamic torque acting on the spherical satellite of 1m diameter circling around Earth at 700km altitude, where the atmospheric density $\rho = (2/3)10^{-17}\text{g/cm}^3$. The satellite mass center is shifted wrt the satellite geometrical center at 10cm.

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Kirakan tekanan seretan suria dan tork maksimum yang bertindak pada satelit GEO bulat berdiameter 1m, jika tekanan suria $p = 4.5 \cdot 10^{-17}\text{g/cm}^3$. Pusat jisim satelit dialih 10cm dari kedudukan pusat geometrik satelit.

Find the solar pressure drag and maximum torque acting on the GEO satellite of spherical form and 1m diameter, if the solar pressure suria $p = 4.5 \cdot 10^{-17}\text{g/cm}^3$. The satellite mass center is shifted wrt the satellite geometrical center at 10 cm.

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Ayunan jangka pendek longitud sebuah pesawat dinyatakan dalam bentuk persamaan

$$d\Delta\alpha/dt = -a_{22}\Delta\alpha + \Delta q - b_{21}\Delta\delta e, \quad d\Delta q/dt = a_{32}\Delta\alpha + a_{32}'(d\Delta\alpha/dt) + a_{34}\Delta q + b_{31}\Delta\delta e$$

dengan $a_{22}=1$, $b_{21}=0$, $a_{32}=1$, $a_{32}'=-0.2$, $a_{34}=-1$, $b_{31}=-0.175$

Jika redaman yang diperlukan ialah $\xi_{req} \geq 0.4$, dapatkah redaman pic mengadakannya. Jika boleh, kirakan 'gain' redaman dengan menentukan redaman yang diperlukan.

Short period longitudinal oscillations of an aircraft is described by equations

$$d\Delta\alpha/dt = -a_{22}\Delta\alpha + \Delta q - b_{21}\Delta\delta e, \quad d\Delta q/dt = a_{32}\Delta\alpha + a_{32}'(d\Delta\alpha/dt) + a_{34}\Delta q + b_{31}\Delta\delta e$$

with $a_{22}=1$, $b_{21}=0$, $a_{32}=1$, $a_{32}'=-0.2$, $a_{34}=-1$, $b_{31}=-0.175$.

If the required damping $\xi_{req} \geq 0.4$, is a pitch damper necessary to provide it?. If it does, fine the damper gain, ensuring required damping.

(5 markah/marks)

9. Jawab hanya SATU dari soal-soal berikut
Answer ONE of following questions

- (a) Kirakan tork magnet maksimum yang bertindak pada sebuah satelit yang mengelilingi Bumi pada ketinggian 700km orbit polar. Momen magnet satelit $m = 10^{-2} \text{T}$. Kekuatan dua kutub Bumi $\mu_m = 10^{17} \text{N} \cdot \text{m}^4 \cdot \text{T}^{-1}$.

Find the maximum magnetic torque acting on a satellite circling around Earth at 700km altitude polar orbit. Satellite magnetic moment $m = 10^{-2} \text{T}$. The Earth dipole strength $\mu_m = 10^{17} \text{N} \cdot \text{m}^4 \cdot \text{T}^{-1}$.

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Berapakah jarak yang sesuai antara jet tujahan orientasi 2N-tujuh 2s-denyutan untuk mendapat tujahan berkesan $T_{ef} = 1\text{N}$.

What should be the spacing between the 2N-thrust 2s-impulses of the orientation jet thruster in order to get the 1N effective thrust T_{ef} ?

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Apakah ciri-ciri mod pergerakan jangka pendek longitud sebuah pesawat dapat diperbaiki jika saluran mod autopilot memberi $\Delta\delta_e = K_e \Delta\alpha$. Gunakan persamaan-persamaan pergerakan jangka pendek di bawah untuk menyelesaikan masalah ini.

$$d\Delta\alpha/dt = -a_{22}\Delta\alpha + \Delta q - b_{21}\Delta\delta_e, \quad d\Delta q/dt = a_{32}\Delta\alpha + a_{32}'(d\Delta\alpha/dt) + a_{34}\Delta q + b_{31}\Delta\delta_e$$

$$\text{dengan } a_{22}=1, b_{21}=0, a_{32}=1, a_{32}'=-0.2, a_{34}=1, b_{31}=-0.175.$$

What characteristics of the longitudinal short period motion of an aircraft will be improved if autopilot pitch channel provides for $\Delta\delta_e = K_e \Delta\alpha$. To solve this problem, use equations of short period motion

$$d\Delta\alpha/dt = -a_{22}\Delta\alpha + \Delta q - b_{21}\Delta\delta_e, \quad d\Delta q/dt = a_{32}\Delta\alpha + a_{32}'(d\Delta\alpha/dt) + a_{34}\Delta q + b_{31}\Delta\delta_e$$

$$\text{with } a_{22}=1, b_{21}=0, a_{32}=1, a_{32}'=-0.2, a_{34}=1, b_{31}=-0.175.$$

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Pergerakan longitud sebuah pesawat yang tidak stabil dinyatakan dengan persamaan-persamaan di bawah.

$$d\Delta\alpha/dt = -a_{22}\Delta\alpha + \Delta q - b_{21}\Delta\delta_e, \quad d\Delta q/dt = a_{32}\Delta\alpha + a_{32}'(d\Delta\alpha/dt) + a_{34}\Delta q + b_{31}\Delta\delta_e$$

dengan $a_{22}=1.1$, $b_{21}=0$, $a_{32}=1.2$, $a_{32}'=-0.2$, $a_{34}=1$, $b_{31}=-0.175$.

Apakah suapbalik kawalan yang diperlukan untuk membuatkan pergerakan pesawat itu stabil.

Longitudinal motion of a statically unstable aircraft is described by equations.

$$d\Delta\alpha/dt = -a_{22}\Delta\alpha + \Delta q - b_{21}\Delta\delta_e, \quad d\Delta q/dt = a_{32}\Delta\alpha + a_{32}'(d\Delta\alpha/dt) + a_{34}\Delta q + b_{31}\Delta\delta_e$$

with $a_{22}=1.1$, $b_{21}=0$, $a_{32}=1.2$, $a_{32}'=-0.2$, $a_{34}=1$, $b_{31}=-0.175$.

What control feedback will be sufficient to make its motion stable?

(5 markah/marks)

10. Jawab hanya SATU dari soalan-soalan berikut
Answer ONE of following questions

- (a) Kirakan masa ayunan henti ketinggian sebuah satelit apabila kepersisan mod henti ketinggian ialah 3° untuk ketinggian dan $0.03^\circ/\text{min}$ untuk penukaran ketinggian jika tork gangguan tidak wujud. Momen inertia pada paksi satelit yang dikehendaki ialah $J = 400\text{kg} \cdot \text{m}^2$, denyutan tertentu penujukan ialah $I_s = 200\text{s}$ dan kadar aliran bahan dorong ialah $\dot{m}_f = 0.5/\text{sec}$. lengan penujukan ialah 0.6 m .

Find the period of the satellite attitude-hold oscillations when the accuracy of attitude-hold mode is 3° for attitude and $0.03^\circ/\text{min}$ for attitude change in absence of disturbing torque. The inertia moment of the considered satellite axis $J = 400\text{kg} \cdot \text{m}^2$, the relevant thruster specific impulse $I_s = 200\text{s}$ and propellant flow rate $\dot{m}_f = 0.5/\text{sec}$. Thruster's arm is 0.6 m .

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (b) Kirakan penggunaan bahan dorong untuk satu kitaran sebuah satelit ayunan henti ketinggian apabila kepersisan mod henti ketinggian ialah 3° untuk ketinggian dan $0.03^\circ/\text{min}$ untuk penukaran ketinggian jika tork gangguan tidak wujud. Momen inertia pada paksi satelit dikehendaki ialah $J = 4000\text{kg} \cdot \text{m}^2$, denyutan tertentu penujukan ialah $I_s = 200\text{s}$ dan kadar aliran bahan dorong ialah $\dot{m}_f = 0.5\text{gram}/\text{sec}$. lengan penujukan ialah 0.6 m .

Find the propellant expenditure for one cycle of the satellite attitude-hold oscillations when the accuracy of attitude-hold mode is 3° for attitude and $0.03^\circ/\text{min}$ for attitude change in absence of disturbing torque. The inertia moment of the considered satellite axis $J = 4000\text{kg} \cdot \text{m}^2$, the relevant thruster specific impulse $I_s = 200\text{s}$ and propellant flow rate $\dot{m}_f = 0.5\text{gram}/\text{sec}$. Thruster's arm is 0.6m .

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (c) Kirakan penggunaan bahan dorong untuk nyah-pejam sebuah satelit disebalik paksi prinsipal, jika halaju sudut pejaman ialah $3^\circ/\text{s}$. Momen inertia pada paksi satelit yang dikehendaki ialah $J = 4000 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, denyutan tertentu penujah ialah $I_s = 200\text{s}$ dan kadar aliran bahan dorong ialah $\dot{m}_f = 0.5 \text{ gram/sec}$. Lengan penujah ialah 0.6 m .

Find the propellant expenditure to de-spin the satellite rotation about one of its principal axes of inertia, if the angular velocity of spinning was $3^\circ/\text{s}$. The inertia moment of the considered satellite axis $J = 4000 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, the relevant thruster specific impulse $I_s = 200\text{s}$ and propellant flow rate $\dot{m}_f = 0.5 \text{ gram/sec}$. Thruster's arm is 0.6 m .

(5 markah/marks)

ATAU/OR

- (d) Untuk menentukan saluran autopilot seperti yang ditunjukkan dalam gambarajah dibawah, tentukan nilai pekali suapanbalik K untuk mendapatkan saluran stabil.

For the autopilot channel shown on the diagram, define values of feedback coefficient K ensuring channel stability.

(5 markah/marks)